- Activité numérique -
Evolution des quantités de matière lors d'un titrage

L'outil numérique, et notamment le langage de programmation Python, permet de faire des simulations de titrages afin d'anticiper la valeur du volume équivalent et de visualiser l'évolution des quantités de matière des différentes espèces chimiques mises en jeu lors du titrage.

I. Documents mis à disposition :

Document 1 : Le titrage d'une solution d'hydroxyde de sodium

Un volume $V_1 = 10{,}0\,mL$ d'une solution d'hydroxyde de sodium, $Na^+(aq) + HO^-(aq)$, à $C_1 = 0{,}120\,mol.L^{-1}$ est titré par une solution d'acide chlorhydrique, $H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$, à $C = 0{,}100\,mol.L^{-1}$. Le volume V de solution titrante apporté est mesuré par la burette graduée et varie entre 0 et 25,0 mL.

La réaction support du titrage, rapide et totale, a pour équation : $H_3O^+(aq) + HO^-(aq) \rightarrow 2H_2O(l)$.

Document 2 : Extrait du programme Python

```
### A MODIFIER : DONNEES ###
### Concentration de la solution titree en mol/L
c1=0.120
### Volume de solution titree en mL
V1=10.0
### Concentration de la solution titrante en mol/L
c=0.1
### Volume maximal affiche en mL
Vmax=25.0

### A MODIFIER (questions 2 et 3) : CALCULS ###
### Quantite de matiere apportee de reactif titre en mol
ntitrei=...
### Volume equivalent en mL
Ve=...
### Quantite de matiere de reactif titrant a Vmax en mol
ntitrantmax=...

### A MODIFIER (question 3) : LISTES ###
V=[0,Ve,Vmax]
ntitre=[ntitrei,0,0]
ntitrant=[0,0,ntitrantmax]
```

Données : concentrations et volumes. Les volumes sont donnés en mL, mais les concentrations sont en mol·L⁻¹. Il faut en tenir compte pour calculer une quantité de matière en mol.

Calculs des coordonnées des extrémités des segments tracés.

Construction des listes des abscisses et des ordonnées des extrémités des segments tracés.

II. Questions :

Pour ouvrir l'environnement Python, cliquer sur l'icône IDLE (Python), une première fenêtre s'ouvre (celle dans laquelle s'exécutera le programme). Cliquer sur File,Open... et ouvrir le fichier Python demandé. Une deuxième fenêtre s'ouvre, celle où figure le contenu modifiable du programme. Pour exécuter le programme, cliquer sur Run, Run module.

1-On considère le titrage décrit dans le document 1.

1-a) Déterminer l'expression du volume équivalent V_E.

1-b) Déterminer l'expression de la quantité de matière du réactif titré HO^- apportée initialement et notée ntitrei dans le programme.

1-c) Déterminer l'expression de la quantité de matière du réactif titré HO^- dans le mélange réactionnel, avant l'équivalence, en fonction du volume V de solution titrante introduit. Que vaut-elle après l'équivalence ?

1-d) Déterminer l'expression de la quantité de matière du réactif titrant H_3O^+ apportée initialement.

1-e) Que vaut la quantité de matière du réactif titrant H_3O^+ dans le mélange réactionnel, avant l'équivalence ? Déterminer son expression, en fonction de V, après l'équivalence.

1-f) Justifier que, pour tracer les évolutions en fonction de V volume de solution titrante introduit, des quantités de matière de réactif titré et titrant présents dans le mélange réactionnel entre V = 0 mL et V = 25 mL, seules les valeurs de ces quantités à V = 0 mL, $V = V_E$ et V = 25 mL suffisent.

2-Le programme « qtemat_titrage.py » fourni simule ce titrage (document 2).

2-a) Compléter ce programme, notamment à l'aide des réponses précédentes.

2-b) Exécuter le programme. Les résultats obtenus sont-ils cohérents ? Justifier.

3-On envisage le titrage d'un volume $V_1 = 20{,}0\,mL$ d'une solution de sulfate de fer, $Fe^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$, à $C_1 = 1{,}50 \times 10^{-2}\,mol.L^{-1}$ par une solution acidifiée de permanganate de potassium, $K^+(aq) + MnO_4^-(aq)$, à $C = 5{,}00 \times 10^{-3}\,mol.L^{-1}$. L'équation de la réaction support du titrage est :

$$MnO_4^-(aq) + 5\,Fe^{2+}(aq) + 8\,H^+(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 5\,Fe^{3+}(aq) + 4\,H_2O(l)$$

Modifier le programme pour tracer l'évolution des quantités de matière de MnO_4^-, Fe^{2+}, Mn^{2+} et Fe^{3+} lors de ce titrage. On supposera que les ions H^+ sont en excès tout au long du titrage. Exécuter ce programme et commenter les résultats obtenus.